

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-033423

(43)Date of publication of application : 07.02.1997

(51)Int.Cl.

G01N 15/02

G01N 15/14

(21)Application number : 07-187468

(71)Applicant : SHIMADZU CORP

(22)Date of filing : 24.07.1995

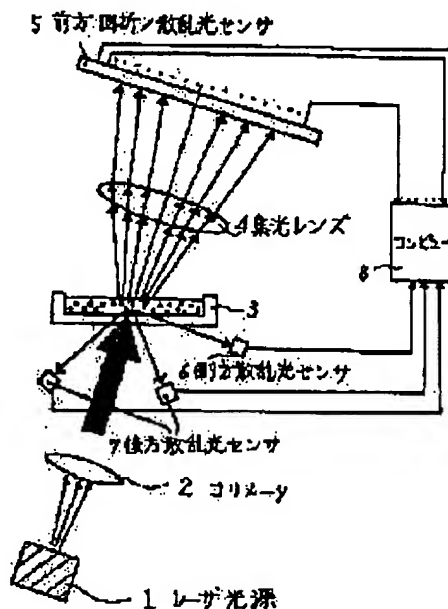
(72)Inventor : SHIMAOKA HARUO

## (54) VERTICAL LASER DIFFRACTION TYPE PARTICLE SIZE DISTRIBUTION MEASURING DEVICE

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To secure a side scattering light and measure even fine particles of a sample even when the thickness of a sample layer is small.

SOLUTION: A laser light emitting from a laser light source 1 is changed into a parallel flux with a specified cross section through a collimator 2, and it is directed to an open type cell 3, then it is scattered or diffracted through sample particles in a cell 3. The diffracted/scattered light is formed as a diffracted/scattered picture on the light receiving surface of a forward diffracted/scattered light sensor 5 through a condenser 4. In addition, the intensity of a scattered light with a large scattering angle is measured by a side scattered light sensor 6 or backward scattered light sensor 7. These data are calculated in the specified algorithm by a computer 8 and the particle size distribution of sample particles can be obtained. Since a laser light axis is allowed to tilt by a specified angle from the vertical direction, the side scattered light can be secured even in a thin sample layer, permitting the measurement of particle size distribution.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 30.05.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3446410

[Date of registration] 04.07.2003

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

\* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1] A means to measure the intensity distribution of the diffraction/scattered light ahead of [ by the sample particle group obtained by means to irradiate a laser beam at the sample layer of predetermined thickness, and the exposure of the laser beam ] an exposure, In the particle-size-distribution measuring device equipped with a means to measure the side-scatter luminous-intensity distribution mostly outputted near the direction of a right angle to a laser beam shaft The vertical mold laser diffraction type particle-size-distribution measuring device characterized by constituting a laser beam exposure means so that a laser beam may have a predetermined include angle to the thickness direction of said sample layer.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the vertical mold laser diffraction type particle-size-distribution measuring device used for the particle size analysis of small quantity and a comparatively high-concentration sample.

[0002]

[Description of the Prior Art] For example, like drawing 2, using the cel 31 of an open sand mold, the sample (sample) was put in in this cel 31, and it placed horizontally, and a laser beam is irradiated from the direction upper part of a vertical to a cel at a right angle, array sensors, such as a ring detector, detected the diffraction/scattered light outputted caudad, and the particle size distribution of a sample are measured in the vertical mold laser diffraction type particle-size-distribution measuring device.

[0003] By the way, in a general-purpose particle-size-distribution measuring device, even a minute radial ball child like a submicron particle need to measure, the side-scatter light of the direction of about 90 degrees not only to forward-scattering light but a laser incident light shaft and the back scattered light output to cel back be measure in this case, and if the whole change be detect, the distribution condition of particle diameter be unanalyzable. Therefore, as shown in drawing, he is trying to also detect side-scatter light and a back scattered light.

[0004]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, when there are many amounts of the sample introduced in a cel like drawing 2, since the side-scatter light by the laser beam is strong, it is satisfactory, but like drawing 3, when the depth of a cel 32 is shallow, since there are few amounts of a sample, especially when the thickness of the sample layer in a cel 32 is thin, side-scatter light may be unable to be feeble, cannot detect and may be unable to measure particle size distribution.

[0005] On the other hand, since a big cel and a lot of samples were needed when making the depth of a cel deep like drawing 2 and increasing the amount of a sample in order to obtain many side-scatter light, there was a problem that the possibility of about [ not being economical ] and multiple scattering became high, and measurement of a high-concentration sample became very difficult especially.

[0006] It was originated in order to solve the above-mentioned technical problem, and even when the thickness of the sample layer in a cel is thin, this invention can obtain side-scatter light and offers the vertical mold laser diffraction type particle-size-distribution measuring device which even a minute radial ball child can measure.

[0007]

[Means for Solving the Problem] In order to attain the above-mentioned object, the vertical mold laser diffraction type particle-size-distribution measuring device of this invention A means to measure the intensity distribution of the diffraction/scattered light ahead of [ by the sample particle group obtained by means to irradiate a laser beam at the sample layer of predetermined thickness, and the exposure of the laser beam ] an exposure, It has a means to measure the side-scatter luminous-intensity distribution mostly outputted near the direction of a right angle

to a laser beam shaft, and is characterized by constituting a laser beam exposure means so that a laser beam may have a predetermined include angle to the thickness direction of said sample layer.

[0008] Thus, the light scattered about in a laser beam shaft and the direction which accomplishes about 90 degrees with constituting when a laser beam is irradiated at a sample layer Since the distance which passes through the inside of a sample is shorter than the light scattered on the side when a laser beam is irradiated so that it may meet in the depth (thickness) direction of a sample layer from the upper part like before Since it is hard to be influenced of multiple scattering by the sample particle and the intensity-distribution measurement means of the scattered light can be close brought to the generating point of side-scatter light, the side-scatter light of strong reinforcement can be measured.

[0009]

[Embodiment of the Invention] One operation gestalt of this invention is hereafter explained based on a drawing.

[0010] Drawing 1 shows the configuration of the vertical mold laser diffraction type particle-size-distribution measuring device by this invention. The collimator made into the parallel flux of light in which 1 has a laser light source for the output light from a laser light source 1, and 2 has the predetermined cross section, The open sand mold cel containing the suspension with which a top face is opened and 3 distributed the sample (sample) particle, The front diffraction / scattered-light sensor by which a condenser lens and 5 consist of a ring sensor or an array sensor in 4, and 6 are computers for count etc. to carry out the particle size distribution of a sample using the signal by which a side-scatter photosensor and 7 were detected by the back scattered light sensor, and 8 was detected with each photosensor.

[0011] The open sand mold cel 3 is placed horizontally, a condenser lens 4 is arranged in the travelling direction of an exposure laser beam, and the upper part of the open sand mold cel 3, and diffraction / scattered-light sensor 5 is arranged in the back.

[0012] Behind the cel 3, the back scattered light sensor 7 is arranged for the side-scatter photosensor 6 in the direction which makes the optical axis of an exposure laser beam, and the include angle of about 90 degrees around the open sand mold cel 3. With a collimator 2, the laser beam by which outgoing radiation was carried out from the laser light source 1 serves as the parallel flux of light with the predetermined cross section, and is irradiated by the open sand mold cel 3. Since the suspension which made the cel 3 distribute a sample particle is in close, the irradiated laser beam is scattered about for it or diffracted by the sample particle.

[0013] This diffraction/scattered light tie diffraction/dispersion image through a condenser lens 4 on the light-receiving side of front diffraction / scattered-light sensor 5. Moreover, the reinforcement with a big diffusion angle of the scattered light is measured by the side-scatter photosensor 6 or the back scattered light sensor 7.

[0014] The output of front diffraction / scattered-light sensor 5 and the output of the side-scatter photosensor 6 and the back scattered light sensor 7 are incorporated by the computer 8 through amplifier, an A/D converter (neither is illustrated), etc., respectively, and a computer 8 computes the particle size distribution of a sample particle with the algorithm shown below using each data on the strength [ optical ], i.e., diffraction / scattered-light intensity-distribution data.

[0015] An optical intensity-distribution pattern changes with the magnitude of a particle. Since the particle from which magnitude differs is intermingled, the optical intensity-distribution pattern produced from a particle group serves as superposition of the diffraction/scattered light from each particle at a actual sample.

[0016] It is  $s=Aq$  when this is expressed by the matrix (matrix). .... (1)

It becomes. However, [0017]

[Formula 1]

$$s = \begin{bmatrix} s_1 \\ s_2 \\ \vdots \\ s_i \\ \vdots \\ s_m \end{bmatrix}, \quad q = \begin{bmatrix} q_1 \\ q_2 \\ \vdots \\ q_j \\ \vdots \\ q_n \end{bmatrix} \quad \text{-----} \quad (2)$$

[0018]

[Formula 2]

$$A = \begin{bmatrix} a_{1,1} & a_{1,2} & \cdots & a_{1,n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \vdots & a_{i,j} & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m,1} & a_{m,2} & \cdots & a_{m,n} \end{bmatrix} \quad \text{-----} \quad (3)$$

s is an optical intensity-distribution vector. The element  $s_i$  ( $i=1, 2, \dots, m$ ) is the amount of incident light detected by each component and side-scatter photosensor of a ring detector. q is a particle-size-distribution (frequency distribution %) vector. The particle-size-distribution range is made into finite, n division of within the limits of this is done, and they are  $d_1$  and the minimum value about maximum  $d_{n+1}$  It carries out. It is one particle diameter  $X_j$  about each division section [ $d_j$  and  $d_{j+1}$ ]. It is made to represent. The element  $q_j$  ( $j=1, 2, \dots, n$ ) of q is particle diameter  $X_j$ . It is corresponding particle weight.

$$\sum_{j=1}^n q_j = 100\% \quad \text{-----} \quad (4)$$

[0019] Usual,

It is normalizing so that it may become (normalizing).

[0020] A is a coefficient matrix which changes particle size distribution (vector) q into the optical intensity distribution (vector) s. The physical semantics of  $a_{ij}$  ( $i=1, 2, \dots, m, j=1, 2, \dots, n$ ) of the element of A is the amount of incident light to the i-th component of the light diffracted / scattered about by the particle group of the unit particle weight of particle diameter  $x_j$ .

[0021]  $a_i$  and  $j$  A numeric value is theoretically calculable. In being large enough compared with the wavelength of the laser beam from which particle diameter serves as the light source, it uses a Fraunhofer diffraction theory for this. However, particle diameter is comparable as the wavelength of a laser beam, or it is Mie in a submicron field smaller than it. It is necessary to use a scattering theory. Particle diameter compares with wavelength in front minute angle dispersion, and a Fraunhofer diffraction theory is Mie effective when sufficiently big. It is possible that it is the approximation which was excellent in the scattering theory.

[0022] Mie In order to calculate the element of a coefficient matrix A using a scattering theory, it is necessary to set up the refractive index of the medium which distributes a particle and it.

[0023] Now, when the formula which calculates the least square solution (vector) to is derived, it is  $q=(AT A)^{-1}AT s$ . .... (5)

(5) A formula is obtained. However, AT It is the transposed matrix of A and  $( )^{-1}$  shows an inverse matrix.

[0024] (5) In the right-hand side of a formula, each element of the optical intensity distribution

(vector)  $s$  is a numeric value detected by front diffraction / scattered-light sensor and the side-scatter photosensor, and the back scattered light sensor. Moreover, a coefficient matrix  $A$  is a Fraunhofer diffraction theory or Mie. It is calculable beforehand using a scattering theory.

Therefore, if count of (5) types is performed using those known data, it is clear that particle size distribution (vector)  $q$  can be found. In addition, in order to measure the particle size distribution of a submicron particle, it is necessary to set up the refractive index of the medium which distributes the particle and it used as the measuring object.

[0025] The wide range particle size distribution which include the submicron field of the suspension in a cel as mentioned above can be searched for.

[0026] And since he is trying to irradiate a laser beam from the direction of a vertical, and the direction of the slant which accomplishes a predetermined include angle even when a sample layer is very thin, the yield of side-scatter light becomes high and this scattered light can be detected.

[0027] Thus, the danger of multiple scattering can decrease and that a sample layer is thin can also perform comparatively high-concentration sample measurement.

[0028] Therefore, not only when the suspension which made the open sand mold cel distribute a sample (sample) particle as mentioned above is put in, but when a sample is rare, a sample can be dropped at transparent plates, such as a slide glass, and particle-size-distribution measurement can be carried out to a fixed area by the extended state, without attaching a cover glass etc. Moreover, the base where the hole which can be arranged so that an optical axis may be passed opened can be prepared without needing a special fixed means also about a plate-like sample, and same measurement can be carried out only by placing on it.

[0029] In addition, although the laser beam is irradiated with the above-mentioned operation gestalt from the lower part which makes the direction of a vertical (the thickness direction of a sample layer), and a predetermined include angle, a laser light source and a collimator are arranged for this above a cel, a condenser lens, and front diffraction / scattered-light sensor are arranged under the cel, and the same effectiveness is acquired even if it makes it irradiate a laser beam from the direction of a vertical (the thickness direction of a sample layer), and the upper part which makes a predetermined include angle.

[0030]

[Effect of the Invention] Since he is trying to become the direction to which the laser beam shaft inclined the degree of predetermined angle to the thickness direction of a predetermined sample layer according to the vertical mold laser diffraction type particle-size-distribution measuring device of this invention as explained above, even if a sample layer is thin, side-scatter light can be detected and wide range particle-size-distribution measurement including the submicron field of a sample can be performed. Moreover, since the sample layer may be thin, and multiple scattering can be controlled even if it is a comparatively high-concentration sample, it can measure to accuracy.

---

[Translation done.]

JP090033423

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-33423

(43) 公開日 平成9年(1997)2月7日

(51) Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	序内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 1 N 15/02			G 0 1 N 15/02	A
15/14			15/14	P

審査請求 未請求 請求項の数1 OL (全5頁)

(21) 出願番号 特願平7-187468

(22) 出願日 平成7年(1995)7月24日

(71) 出願人 000001993

株式会社島津製作所

京都府京都市中京区西ノ京桑原町1番地

(72) 発明者 島岡 治夫

京都市北区紫野西御所田町1番地 株式会

社島津製作所紫野工場内

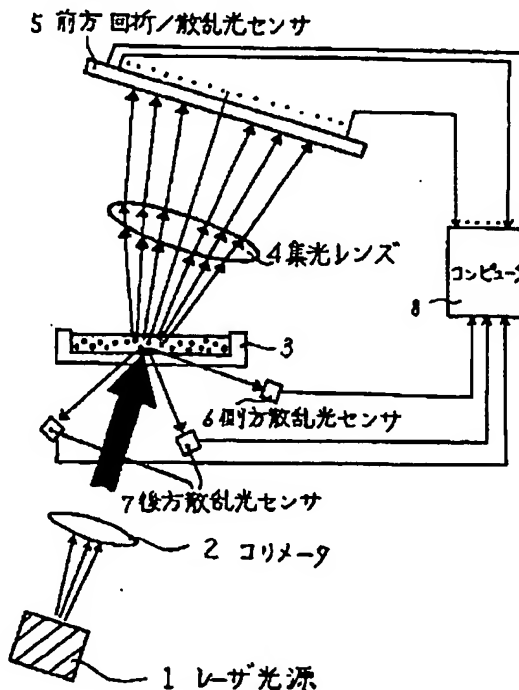
(74) 代理人 弁理士 西岡 義明

(54) 【発明の名称】 縦型レーザ回折式粒度分布測定装置

(57) 【要約】

【課題】 縦型レーザ回折式粒度分布測定装置において、サンプル層の厚さが薄い場合でも、側方散乱光を得ることができ、サンプルの微小径粒子までも測定できるようにする。

【解決手段】 レーザ光源1から出射されたレーザ光はコリメータ2によって所定断面積を持つ平行光束となり、開放型セル3に照射され、セル3内のサンプル粒子によって、散乱ないしは回折される。この回折/散乱光は集光レンズ4を経て前方回折/散乱光センサ5の受光面上に回折/散乱像を結ぶ。また、大きな散乱角を持つ散乱光の強度は、側方散乱光センサ6または後方散乱光センサ7で測定される。これらのデータは、コンピュータ8によって所定のアルゴリズムで計算されてサンプル粒子の粒度分布を得ることができる。レーザ光軸は、鉛直方向から所定角度傾くようにしているので、薄いサンプル層であっても側方散乱光を得ることができ、粒度分布を測定できる。



(2)

特開平 9-33423

1

## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 所定厚さのサンプル層にレーザ光を照射する手段と、そのレーザ光の照射により得られるサンプル粒子群による照射前方の回折／散乱光の強度分布を測定する手段と、レーザ光軸に対してほぼ直角方向近辺に出力される側方散乱光の強度分布を測定する手段とを備えた粒度分布測定装置において、前記サンプル層の厚さ方向に対してレーザ光が所定の角度を持つようにレーザ光照射手段を構成したことを特徴とする縦型レーザ回折式粒度分布測定装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、少量かつ比較的高濃度のサンプルの粒度測定に用いられる縦型レーザ回折式粒度分布測定装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 例えば、縦型レーザ回折式粒度分布測定装置では、図 2 のように開放型のセル 3 1 を用いて、このセル 3 1 内に、サンプル（試料）を入れて水平に置き、鉛直方向上方からレーザ光をセルに対して直角に照射して、下方に出力される回折／散乱光をリングデテクタ等のアレイセンサによって検出しサンプルの粒度分布を測定している。

【0003】 ところで、汎用的な粒度分布測定装置においては、サブミクロン粒子のような微小径粒子までも測定を行う必要があり、この場合には前方散乱光だけでなくレーザ入射光軸に対する約 90 度方向の側方散乱光や、セル後方に出力される後方散乱光を測定し、全体の変化を検出しなければ粒子径の分布状態を解析できない。そのため図のように側方散乱光、後方散乱光も検出するようにしている。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】 しかし、図 2 のようにセル内に導入するサンプルの量が多い場合には、レーザ光による側方散乱光が強いので問題がないが、図 3 のようにセル 3 2 の深さが浅い場合、または、サンプルの量が少ないためにセル 3 2 内のサンプル層の厚さが薄い場合には、特に側方散乱光が微弱で検出できず、粒度分布を測定できないことがある。

【0005】 一方、側方散乱光を多く得るために、図 2 のようにセルの深さを深くして、サンプルの量を増やせば、大きなセルや多量の試料が必要となるので、経済的でないばかりか、多重散乱の可能性が高くなり、特に高濃度のサンプルの測定が非常に困難になるという問題があった。

【0006】 本発明は、上記課題を解決するために創案されたもので、セル内のサンプル層の厚さが薄い場合でも、側方散乱光を得ることができ、微小径粒子までも測定できる縦型レーザ回折式粒度分布測定装置を提供するものである。

2

## 【0007】

【課題を解決するための手段】 上記目的を達成するため、本発明の縦型レーザ回折式粒度分布測定装置は、所定厚さのサンプル層にレーザ光を照射する手段と、そのレーザ光の照射により得られるサンプル粒子群による照射前方の回折／散乱光の強度分布を測定する手段と、レーザ光軸に対してほぼ直角方向近辺に出力される側方散乱光の強度分布を測定する手段とを備え、前記サンプル層の厚さ方向に対してレーザ光が所定の角度を持つようにレーザ光照射手段を構成したことを特徴としている。

【0008】 このように構成することで、サンプル層にレーザ光を照射した場合、レーザ光軸と約 90 度を成す方向に散乱する光は、従来のように上方からサンプル層の深さ（厚さ）方向に沿うようにレーザ光を照射した場合に側方に散乱する光よりもサンプル中を通過する距離が短いため、サンプル粒子による多重散乱の影響を受けにくく、また、散乱光の強度分布測定手段を側方散乱光の発生地点まで近付けることができるので強い強度の側方散乱光を測定することができる。

## 【0009】

【発明の実施の形態】 本発明の一実施形態を、以下、図面に基いて説明する。

【0010】 図 1 は本発明による縦型レーザ回折式粒度分布測定装置の構成を示している。1 はレーザ光源、2 はレーザ光源 1 からの出力光を所定の断面積を持つ平行光束にするコリメータ、3 は上面が開放され、サンプル（試料）粒子を分散させた懸濁液が入った開放型セル、4 は集光レンズ、5 はリングセンサまたはアレイセンサ等からなる前方回折／散乱光センサ、6 は側方散乱光センサ、7 は後方散乱光センサ、8 は各光センサで検出された信号を用いてサンプルの粒度分布を計算等するためのコンピュータである。

【0011】 開放型セル 3 は水平に置かれており、照射レーザ光の進行方向、開放型セル 3 の上方には集光レンズ 4 が、その後方には回折／散乱光センサ 5 が配置されている。

【0012】 開放型セル 3 の周囲には照射レーザ光の光軸と約 90 度の角度をなす方向に側方散乱光センサ 6 が、セル 3 の後方には後方散乱光センサ 7 が配置されている。レーザ光源 1 から出射されたレーザ光はコリメータ 2 によって所定断面積を持つ平行光束となり、開放型セル 3 に照射される。セル 3 にはサンプル粒子を分散させた懸濁液が入っているため、照射されたレーザ光はサンプル粒子によって、散乱ないしは回折される。

【0013】 この回折／散乱光は集光レンズ 4 を経て前方回折／散乱光センサ 5 の受光面上に回折／散乱像を結ぶ。また、大きな散乱角を持つ散乱光の強度は、側方散乱光センサ 6 または後方散乱光センサ 7 で測定される。

【0014】 前方回折／散乱光センサ 5 の出力と側方散乱光センサ 6、後方散乱光センサ 7 の出力はそれぞれ増

50



(3)

特開平9-33423

3

4

幅器およびA/D変換器等（いずれも図示せず）を介してコンピュータ8に取り込まれ、コンピュータ8は各光強度データ、すなわち回折／散乱光強度分布データを用いて、以下に示すアルゴリズムによって試料粒子の粒度分布を算出する。

【0015】光強度分布パターンは、粒子の大きさによって変化する。実際のサンプルには、大きさの異なる粒子が混在するため、粒子群から生じる光強度分布パター

ンは、それぞれの粒子からの回折／散乱光の重ね合わせとなる。

【0016】これを、マトリクス（行列）で表現すると、

$$s = A q \quad \dots \quad (1)$$

となる。ただし、

【0017】

【式1】

$$s = \begin{bmatrix} s_1 \\ s_2 \\ \vdots \\ s_i \\ \vdots \\ s_m \end{bmatrix}, \quad q = \begin{bmatrix} q_1 \\ q_2 \\ \vdots \\ q_j \\ \vdots \\ q_n \end{bmatrix} \quad \dots \quad (2)$$

【0018】

【式2】

$$A = \begin{bmatrix} a_{1,1} & a_{1,2} & \dots & a_{1,n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \vdots & a_{i,j} & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{m,1} & a_{m,2} & \dots & a_{m,n} \end{bmatrix} \quad \dots \quad (3)$$

sは光強度分布ベクトルである。その要素 $s_i$  ( $i = 1, 2, \dots, m$ )は、リングディテクタの各素子及び側方散乱光センサによって検出される入射光量である。qは粒度分布（頻度分布%）ベクトルである。粒度分布範囲を有限とし、この範囲内をn分割して、最大値をd

1、最小値を $d_{n+1}$ とする。それぞれの分割区間

$[d_j, d_{j+1}]$ を1つの粒子径 $X_j$ で代表させる。qの要素 $q_j$  ( $j = 1, 2, \dots, n$ )は粒子径 $X_j$ に対応する粒子量である。

【0019】通常は、

$$\sum_{j=1}^n q_j = 100\% \quad \dots \quad (4)$$

となるように正規化（ノルマライズ）を行っている。

【0020】Aは、粒度分布（ベクトル）qを、光強度分布（ベクトル）sに、変換する係数行列である。Aの要素の $a_{ij}$  ( $i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n$ )の物理的意味は、粒子径 $x_j$ の単位粒子量の粒子群によって回折／散乱した光のi番目の素子に対する入射光量である。

【0021】 $a_{ij}$ の数値は、理論的に計算することができる。これには、粒子径が光源となるレーザ光の波長に比べて十分に大きい場合には、Fraunhofer回折理論を用いる。しかし、粒子径がレーザ光の波長と同程度か、それより小さいサブミクロンの領域では、Mie散乱理論を用いる必要がある。Fraunhofer回折理論は、前方微小

角散乱において、粒子径が波長に比べて十分大きな場合に有効なMie散乱理論の優れた近似であると考えられる。

【0022】Mie散乱理論を用いて、係数行列Aの要素を計算するためには、粒子及びそれを分散させる媒液の屈折率を設定する必要がある。

【0023】さて、粒度分布（ベクトル）の最小自乗解を求める式を導出すると、

$$q = (A^T A)^{-1} A^T s \quad \dots \quad (5)$$

(5)式が得られる。ただし、 $A^T$ はAの転置行列であり、 $( )^{-1}$ は逆行列を示す。

【0024】(5)式の右辺において、光強度分布（ベクトル）sの各要素は、前方回折／散乱光センサ及び側

(4)

特開平 9-33423

5

方散乱光センサ、後方散乱光センサで検出される数値である。また、係数行列Aは、Fraunhofer回折理論あるいはMie 散乱理論を用いて、予め計算しておくことができる。したがって、それらの既知のデータを用いて(5)式の計算を実行すれば、粒度分布(ベクトル)qが求まることは明らかである。なお、サブミクロン粒子の粒度分布を測定するためには、測定対象となる粒子及びそれを分散させる媒液の屈折率を設定する必要がある。

【0025】以上のようにして、セル内の懸濁液のサブミクロン領域を含む広範囲な粒度分布を求めることができる。

【0026】そして、サンプル層が非常に薄い場合でも、レーザ光を鉛直方向と所定角度を成す斜めの方向から照射するようにしているので、側方散乱光の発生量が高くなり、この散乱光を検出することができる。

【0027】このようにサンプル層が薄いことは、多重散乱の危険性が減少し、比較的高濃度のサンプル測定も行うことができる。

【0028】したがって、上記のように開放型セルにサンプル(試料)粒子を分散させた懸濁液をいれた場合だけでなく、サンプルが稀少な場合には、スライドガラス等の透明な板にサンプルを滴下し、カバーガラス等を付けずに、一定の面積に広がった状態で粒度分布測定をすることができる。また、プレート状のサンプルについても、特別な固定手段を必要とせず、光軸を通過するように配置できる穴のあいた台を設け、その上に置くだけ

6

で同様な測定をすることができる。

【0029】なお、上述の実施形態では、レーザ光を鉛直方向(サンプル層の厚さ方向)と所定角度をなす下方から照射しているが、これをレーザ光源とコリメータをセルの上方に配置し、集光レンズと前方回折/散乱光センサをセルの下方に配置し、レーザ光を鉛直方向(サンプル層の厚さ方向)と所定角度をなす上方から照射するようにしても同様の効果が得られる。

【0030】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の縦型レーザ回折式粒度分布測定装置によれば、所定のサンプル層の厚さ方向に対してレーザ光軸が所定角度傾いた方向となるようにしているので、サンプル層が薄くても、側方散乱光を検出することができ、サンプルのサブミクロン領域を含む広範囲の粒度分布測定を行うことができる。また、サンプル層が薄くて良いために、比較的高濃度のサンプルであっても多重散乱を抑制することができるので正確に測定することができる。

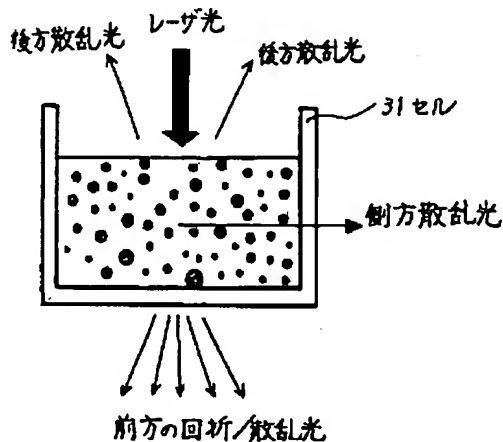
【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態の縦型レーザ回折式粒度分布測定装置を示す図である。

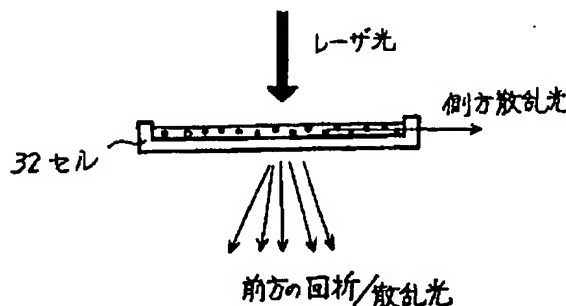
【図2】従来の縦型レーザ回折式粒度分布測定を示す図である。

【図3】従来の縦型レーザ回折式粒度分布測定を示す図である。

【図2】



【図3】



(5)

特開平9-33423

【図1】

